

ENQUADRAMENTO CARTOGRÁFICO DO COMPLEXO DE GRANJA (NW CEARÁ, BRASIL) E AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE REFERENCIAÇÃO GEOGRÁFICA

Cartographic framework of the Granja Complex (NW Ceará, Brazil) and assessment of geographic reference systems

A. J. F. Silva^{1*}, A. C. Teodoro^{2,3}, L. Duarte^{2,3}, J. A. Goncalves², J. A. Nogueira Neto⁴,
M. R. Azevedo¹, B. Valle Aguado¹

¹ Universidade de Aveiro, Departamento de Geociências, GeoBioTec, Campus de Santiago, 3810-193, Aveiro, Portugal

² Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território,

³ Centro de Investigação em Ciências Geo-Espaciais, Rua do Campo Alegre 687, 4169-007, Porto, Portugal

⁴ Universidade Federal do Ceará, Departamento de Geologia, Recursos Minerais e Geodinâmica, Campus do Pici, Bloco 912, 60.455-760, Fortaleza - CE, Brasil

* antoniojsilva@ua.pt

Resumo: Este estudo destaca os benefícios da análise metódica da cartografia de base que suporta a produção de Cartografia Geológica. Em certas regiões, as cartas base publicadas estão ainda associadas a redes geodésicas clássicas e, com frequência, são introduzidos erros quando se desconsideram parâmetros essenciais como a Projecção Cartográfica e o *Datum* Geodésico. Com o uso sistemático dos dispositivos de *GPS* e dos Sistemas de Informação Geográfica para a elaboração das cartas geológicas, é imprescindível o conhecimento prévio do Sistema de Coordenadas ao qual devem estar ajustados os dados geo-espaciais. Neste estudo de caso, as diferenças e os erros associados à aquisição de coordenadas entre os *Data* geocêntricos *WGS84* e *SIRGAS2000* são residuais, atendendo aos parâmetros das cartas base, à região do globo, o campo de acção e a escala, minimizando assim a propagação de erros de posicionamento e georreferenciação subsequentes.

Palavras-chave: Sistemas de Referência Espaciais, Transformação de Coordenadas, *Datum* *SIRGAS2000*

Abstract: This study draws attention to the usefulness of detailed analysis on the cartographic products that sustain Geological Mapping. In some regions, the published base maps are still related to classical geodetic networks and often errors are introduced when we disregard the essential parameters such as the Cartographic Projection and the Geodetic *Datum*. With the systematic use of GPS devices and the Geographic Information Systems to create geological maps, it is fundamental to previous recognize the official Coordinate System in which the geospatial data should be adjusted. In this case, the errors among the coordinate acquisition in the geocentric *Data* *WGS84* and *SIRGAS2000* are minimum, considering the base maps parameters, the globe region, the scope and the map scale, minimizing the error propagation on positioning and subsequent georeferencing.

Key-words: Spatial Reference Systems, Coordinate Transformations, *SIRGAS2000 Datum*

INTRODUÇÃO E ENQUADRAMENTO CARTOGRÁFICO

Em Geologia de Campo, a cartografia topográfica de base é um elemento indispensável. A leitura e o conhecimento das informações presentes nas cartas é uma necessidade inerente para fins de cartografia geológica (e.g. Projecção, *Datum* Geodésico, Elipsóide de Referência, entre outros). A

cartografia de base do território brasileiro passou por grandes transformações evidenciadas por constantes mudanças no referencial geodésico ocorridas ao longo do tempo: Criciúma/Itararé, Córrego Alegre (1961 e 1970 + 1972), PSAD56, *Datum* Astro Chuá, SAD 69, SAD 69/96 e *SIRGAS2000* (Marotta e Rodrigues, 2011). Presentemente, o Brasil é nação cooperante da nova Rede e Sistema Geocêntrico de Referência para a América do Sul (*Datum* SIRGAS2000) que utiliza a concepção de um sistema moderno, onde o factor "tempo" é acrescentado com as coordenadas e velocidades dos vértices geodésicos associados a uma determinada época. Foi oficialmente adoptado como Referencial Geodésico Brasileiro em 2005, estando actualmente numa situação transitória até 2014, com a recomendação de que a nova cartografia integre o *SIRGAS2000*. O Elipsóide de Referência utilizado é o *GRS80* (*Geodetic Reference System* 1980), sendo considerado idêntico ao *WGS84* (*World Geodetic System* 1984). Como já é oficialmente reconhecido internacionalmente, o *WGS84* é muito importante frente aos demais, pois é o sistema de referência das operacionalidades do *GPS*.

A área de estudo (Complexo de Granja) situa-se na região NW do Estado do Ceará (Brasil) e é coberta parcialmente pelas cartas topográficas, na escala de 1:100.000, de Granja (SA.24-Y-C-III), Chaval (SA.24-Y-C-II), Bitupitá (SA.24-Y-A-V), Camocim (SA.24-Y-A-VI), Acaraú (SA.24-Y-B-IV) e Bela Cruz (SA.24-Y-D-I) da SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste) e Diretoria do Serviço Geográfico do Brasil (figura 1).

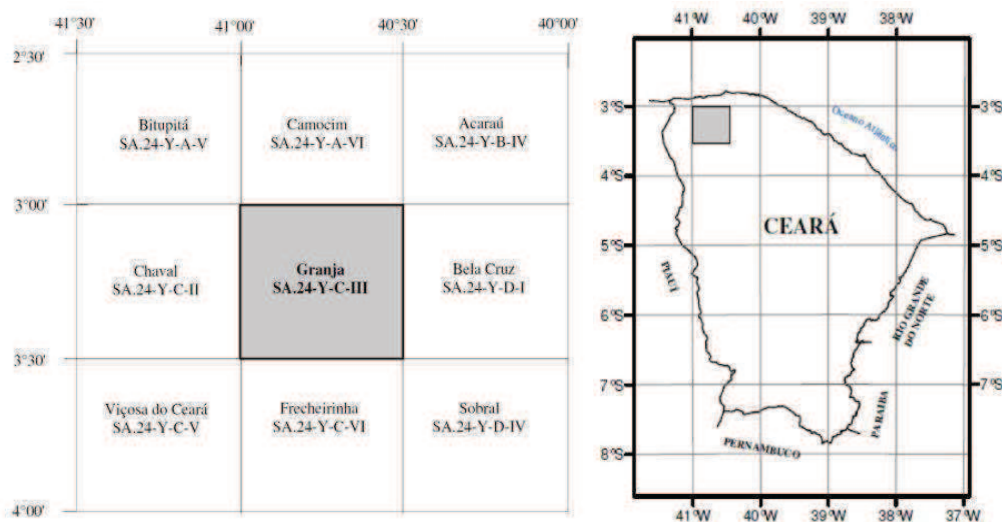


Figura 1 – Articulação das cartas topográficas de base com o realce em Granja (SA.24-Y-C-III); Projecção Universal Transversa de Mercator - UTM, Zona 24 Hemisfério Sul | Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano Central 39°W Greenwich acrescidas as constantes 10000 Km e 500 Km respectivamente | *Datum* Horizontal Córrego Alegre 1970 + 1972.

As cartas topográficas publicadas que abrangem o Complexo de Granja estão relacionadas ao *Datum* Córrego Alegre 1970 + 1972 (CA70-72), com o ponto de fixação de coordenadas 19° 50' 14.91" S, 48° 57' 41.98" W e altitude ortométrica de 683.81 metros (Estado de Minas Gerais) sendo o seu posicionamento e orientação determinados astronomicamente e onde o Elipsóide Internacional de

Hayford de 1924 serviu de superfície de referência. Este sistema apresenta actualmente grande importância no Brasil devido aos inúmeros produtos cartográficos ainda relacionados ao mesmo (Tierra et al., 2008). O *Datum* Vertical refere-se ao ponto Imbituba no Estado de Santa Catarina.

A manutenção de sistemas antigos, para além da confusão introduzida, acarreta potenciais introduções de erros significativos nas conversões de coordenadas (Gonçalves, 2008). Como os sistemas de coordenadas contidos na cartografia topográfica que servem de base à cartografia geológica não podem ser negligenciados, verifica-se a necessidade de otimizar metodologias de posicionamento para posterior georreferenciação em Sistemas de Informação de Geográfica (SIG). Para esse efeito pretendeu-se avaliar se as diferenças nas coordenadas nos diferentes sistemas (CA70-72, WGS84 e SIRGAS2000) são significativas.

METODOLOGIAS DE ANÁLISE

Inicialmente foram estudadas as principais características respeitantes à Projecção Cartográfica, Elipsóide de Referência, *Datum*, Escala etc. e verificaram-se as coordenadas geodésicas dos vértices de 3 cartas base (Granja, Camocim e Chaval). Posteriormente, a partir da ferramenta PROJ (PROJ.4 *Cartographic Projections library*), procedeu-se ao cálculo das coordenadas cartesianas UTM (E - *false easting*, N - *false northing*) dos vértices das cartas base supramencionadas com o código: *proj +ellps=intl +proj=utm +zone=24 +south*. A partir dos mesmos vértices foram calculadas as coordenadas geodésicas em WGS84 aplicando a respectiva transformação de *Datum* recorrendo à aplicação *cs2cs* (*Cartographic Coordinate System Filter*) com o código: *cs2cs +init=epsg:4225 +to +init=epsg:4326*. Incluso na biblioteca PROJ.4, a aplicação *cs2cs* realiza transformações entre um sistema cartográfico fonte e um sistema cartográfico de destino a partir de um conjunto de pontos de entrada que associam códigos numéricos aos parâmetros dos Sistemas de Coordenadas (identificadores EPSG - *European Petroleum Survey Group*). Estas últimas foram de seguida transformadas em cartesianas UTM (E, N) no PROJ (*proj +ellps=WGS84 +proj=utm +zone=24 +south*). Procedeu-se também à transformação de coordenadas projectadas no *Datum* CA70-72 para o recomendado *Datum* SIRGAS2000 a partir do *software* ProGrid, desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e que permitiu transformar directamente as coordenadas obtidas no PROJ para o *Datum* SIRGAS2000. Foram construídas e analisadas tabelas com a informação dos diferentes valores de coordenadas UTM (E, N) para os diferentes Sistemas de Referência.

Num ambiente SIG, procedeu-se à georreferenciação das cartas fazendo uso dos valores SIRGAS2000 nos vértices e avaliou-se este processo considerando a escala e erro analógico confrontando com as recomendações do Serviço Geológico do Brasil relativamente aos erros de geoposicionamento através do uso de dispositivos de GPS de valor absoluto (aproximadamente 10 metros).

RESULTADOS

O tratamento estatístico univariado (média e desvio padrão) revelou que as diferenças entre os valores das coordenadas obtidas para os *Data* CA70-72, *WGS84* e *SIRGAS2000* são pouco significativas para as necessidades de cartografia geológica à escala de 1:100.000 a 1:250.000 (desvio padrão com 2 metros de *false easting* e 4 metros de *false northing*). Os erros de aproximadamente 10 metros em planimetria que os dispositivos de *GPS* geralmente utilizados em campanhas de cartografia geológica apresentam, não colocam em causa ou promovem grandes discrepâncias na compartimentação das principais unidades geológicas e estruturais. Se maior detalhe for necessário, superior precaução é exigida nas condições de obtenção das coordenadas (e.g. maior tempo de aquisição, correcções atmosféricas, posicionamento diferencial, etc.).

Considerando a escala de 1:100.000 e o erro de graficismo de 0.2 mm, o processo de georreferenciação pode ser avaliado pelo cálculo da distância em metros que este erro representa na carta. A multiplicação de 0.02 cm por 100000 cm origina uma distância de 2000 cm, ou seja, 20 metros que perfazem o erro de graficismo. Avaliando os erros *RMS* (valor quadrático médio ou valor eficaz), gerados a partir da introdução dos valores *SIRGAS2000* nos vértices das cartas, é possível afirmar que estes são válidos para efeitos de georreferenciação a esta escala (Granja - 7.65 metros; Camocim - 16.40 metros e; Chaval - 18.78 metros).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Salienta-se a extrema importância de um planeamento prévio desta natureza procurando conhecer em pormenor a base cartográfica associada à região em estudo. É seriamente conveniente avaliar se os métodos de geoposicionamento condicionam ou não a qualidade das observações e de que forma poderão comprometer o processamento adequado dos dados (sem propagação de erros).

Como última nota, afirma-se que as diferenças e os erros associados à aquisição de coordenadas num dos *Data* globais nesta região são mínimos considerando o campo de acção.

AGRADECIMENTOS

O autor A. J. F. Silva agradece à Fundação para Ciência e Tecnologia a Bolsa de Investigação concedida (SFRH/BD/85292/2012) e às unidades de Investigação GeoBioTec (PEst-C/CTE/UI4035/2011) e Centro de Investigação em Ciências Geo-Espaciais (PEst-OE/CTE/UI0190/2011).

Bibliografia

- GONÇALVES, J. (2008) – Adopção de Sistemas de Referenciação Geográfica Globais. *Proceedings da conferência ESIG*, Lisboa;
- MAROTTA, G. S. e RODRIGUES, D. D. (2011) – Atualização de Parâmetros na Transformação em Referenciais Geodésicos Históricos. *Revista Brasileira de Cartografia*, vol. 63/5: 609-617;
- TIERRA, A., DALAZOANA, R. e DE FREITAS. (2008) – Using an artificial neural network to improve the transformation of coordinates between classical geodetic reference frames. *Computers and Geosciences*, vol. 34:181-189.